ZEITLICHE GESETZMÄßIGKEITEN IM AUFTRETEN VON LAUTGEBUNG UND LÄCHELN EINES GESUNDEN SÄUGLINGS IM BEZUG AUF SCHLAF- UND WACHPHASEN

ULRIKE HELLWIG

1981

AUS DEM INSTITUT FÜR SOZIALE PÄDIATRIE UND
JUGENDMEDIZIN DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Leiter: Prof. Dr. Med. Th. HELLBRÜGGE

ZEITLICHE GESETZMÄßIGKEITEN IM AUFTRETEN VON LAUTGEBUNG UND LÄCHELN EINES GESUNDEN SÄUGLINGS IM BEZUG AUF SCHLAF- UND WACHPHASEN

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
ULRIKE HELLWIG

München
1981

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Mit Genehmigung des Fachbereichs Medizin der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. med. Th. Hellbrügge

Mitberichterstatter:

Dekan: Prof. Dr. med. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 5. Nov. 1981

INHALTSÜBERSICHT

		Seite
EINLEITUNG		3
1.	LITERATURÜBERSICHT	5
1.1	Ultradianer Zyklus der fetalen Bewegungsaktivität	5
1.2	Schlafstadienzyklus des Neugeborenen	6
1.3	Ultradiane 4-Std.-Periodik des Schlaf-Wach-verhaltens	9
1.4	Circadianer Rhythmus im Schlaf-Wach-Verhalten	11
1.5	Zusammenfassung der Literaturübersicht	18
2.	METHODIK DER VERHALTENSBEOBACHTUNGEN UND DER POLYGRAPHISCHEN REGISTRIERUNG	19
2.1	Problemstellung	19
2.2	Methodik	21
3.	ERGEBNISSE DER EIGENEN UNTERSUCHUNGEN	27
3.1	Zeitliche Beziehungen zwischen REM-Stadien und Wachphasen	27
3.2	Zeitliche Beziehungen im Auftreten der Lautgebung	37
3.3	Zeitliche Beziehung im Auftreten des Lächelns	45
4.	DISKUSSION	49
ZUSAMMENFASSUNG		53
LITERATURVERZEICHNIS		54
DANKSAGUNG		58
LEBENSLAUF		59

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546803_0018

EINLEITUNG

Beobachtet man das ungestörte Verhalten eines Säuglings, so stellt es sich als eine Folge verschiedenartiger Zustandsformen wie Schlafen, ruhiges Wachen, Schreien, Strampeln usw. dar. Eine flüchtige Beurteilung mag den Eindruck erwecken, als folgten die genannten Verhaltenszustände in regelloser Weise aufeinander. Demgegenüber zeigen genauere Untersuchungen, daß dem Auftreten solcher Zustände mitunter p e r i o d i s c h e Abläufe zugrunde liegen. Beispielsweise wurde bereits 1937 von GESELL und ILG beschrieben, daß Säuglinge in fast regelmässigen Abständen von etwa 4 Stunden selbsttätig erwachen, sofern ihr natürliches Schlaf-Wach-Verhalten nicht durch Pflegemaßnahmen gestört wird.

Während sich diese 4-Std-Periodizität des Schlaf-Wachverhaltens bereits einer einfachen Beobachtung erschließt, läßt sich ein weiterer Zyklus, welcher die Folge der Schlafstadien zeigt, erst mit Hilfe polygraphischer Messungen entsprechender Körperfunktionen nachweisen. Die Schlafphasen eines Säuglings können nach ASERINSKY und KLEITMAN (1955) in zwei grundsätzlich unterschiedliche Stadien unterteilt werden; die Stadien des REM- und Non-REM Schlafes (NREM). Beide Stadien alternieren beim Säugling periodisch mit einem durchschnittlichen Intervall von 5o Minuten.

Beide genannten Periodizitäten, die 4-Std.Periodik als auch der 5o Min.-Zyklus erwiesen sich in zahlreichen Untersuchungen als unabhängig von äusseren Bedingungen und dürfen daher als endogene, dem Säugling angeborene Rhythmen angesehen werden. Im Gegensatz zu den c i r c a d i a n e n Rhythmen, die sich beim gesunden Säugling

erst jenseits des ersten Lebensmonates in Form einer tagesperiodischen Gliederung des gesamten Schlaf-Wach-Musters manifestieren, werden die beiden erstgenannten Zyklen als u l t r a d i a n e Rhythmen bezeichnet.

Es liegt die Annahme nahe, daß nicht nur die zeitliche Sequenz von Schlafstadien und Wachphasen sondern auch andere Verhaltenszustände in ihrem zeitlichen Auftreten von diesen oder ähnlichen endogenen Rhythmen bestimmt werden. Die Ergebnisse der vorliegenden Dissertation entsprechen einer Fallstudie an einem gesunden Säugling. In dieser Studie wurden solche Verhaltensmuster einer chronobiologischen Analyse unterzogen, in denen das beobachtete Kind Lust- und Unlustgefühle mit den spezifischen Signalen des Lächelns und verschiedener Vokalisationsformen zum Ausdruck gebracht hatte. Zu dieser Studie wurden quantifizierende Verhaltensbeobachtungen im Verein mit polygraphischen Messungen als Methode herangezogen.

1. Literaturübersicht

Das Auftreten biologischer Rhythmen im Verlauf der menschlichen Ontogenese.

1.1 UltradianerZyklus der fetalen Bewegungsaktivität

Bereits auf früher ontogenetischer Stufe lassen sich beim menschlichen Kind Manifestationen eines endogenen Rhythmus nachweisen.
Um die 25. Schwangerschaftswoche stellen sich sogenannte"Kindsbewegungen" ein. Diese erfolgen schubweise im Wechsel mit Ruhepausen.
Daß es sich bei diesem Wechsel von Ruhe und motorischer Aktivität um eine zeitliche Strukturierung im Sinne eines biologischen Zyklus handelt, wurde von den amerikanischen Autoren STERMAN und HOPPENBROWERS (1971) nachgewiesen. Die Autoren registrierten die fetale Bewegungsaktivität bei 8 gesunden Schwangeren mit Hilfe elektrodynamischer Meßfühler.

Um Eigenbewegungen der Schwangeren, die sich den Meßfühlern gleichermaßen mitteilten wie die fetale Bewegungsaktivität, von letzter unterscheiden zu können, wurde auch die motorische Aktivität der Mütter simultan aufgezeichnet. Da die Schwangeren bei solchen Untersuchungen weitgehend ruhig liegen mußten, wurden die Registrierungen während des natürlichen Schlafes vorgenommen. Die polygraphische Registrierung des EEG, der Okulomotorik und verschiedener myographischer Aktivitäten der Mütter erlaubte obendrein die Bestimmung von Schlafstadien, welche die Schwangeren im Verlauf eines Untersuchungszeitraumes von mehreren Stunden durchlaufen hatten.

Dies ermöglichte, eventuelle Einflüsse, wie sie mit den physiologischen Zustandsänderungen einer Mutter einhergehen können, mit der registrierten Spontanableitung des ungeborenen Kindes in Beziehung zu setzen. Überdies konnten die genannten Autoren die Registrierung der fetalen Bewegungsaktivität mit Hilfe eines Computers einer mathematischen Spektralanalyse unterziehen.

Die Resultate der Untersuchungen von STERMAN und HOPPENBROWERS können dahingehend zusammengefaßt werden, daß sich im zeitlichen Ablauf von Phasen gehäufter und verminderter fetaler Motorik eine Periodizität mit durchschnittlichen Intervallen von 4o Minuten abzeichnete. Diese 4o-Minutenperiodik der fetalen Bewegungsaktivität erwies sich als unabhängig von den physiologischen Zustandsänderungen der Mutter. Die Untersuchungen belegten, daß bereits das ungeborene Kind über einen autonomen, biologischen Rhythmus verfügt, der sich an Hand seiner Bewegungsaktivität mit einer Periodik von durchschnittlich 4o Minuten zu erkennen gibt.

1.2 Schlafstadienzyklus des Neugeborenen

Der nämliche Zyklus mit einem Periodenintervall von 4o Minuten bleibt auch nach der Entbindung weiter bestehen und läßt sich als periodische Wiederkehr verschiedener motorischer Phänomene am neugeborenen Kind beobachten. Wie von Anders und Roffwarg (1973) gezeigt wurde, ist dieser 4o-Minuten-Zyklus des Neugeborenen unabhängig und verschieden vom Schlaf-

stadienzyklus der Mutter. In Entsprechung zu den Phasen der Aktivität und Ruhe, wie sie sich bereits an Hand der fetalen Bewegungen nachweisen ließen, findet man beim Neugeborenen zwei unterschiedliche Schlafstadien. Von diesen zeichnet sich das eine durch die Abwesenheit jeglicher motorischer Phänomene aus, während das andere durch eine Reihe motorischer Erscheinungen charakterisiert ist. Erstmals wurden diese beiden unterschiedlichen Schlafstadien in der klassischen Arbeit von ASERINSKY und KLEITMAN (1955) beschrieben.

Der sogenannte aktive Schlaf geht mit einer Reihe grobphasischer Bewegungsphänomene an Extremitäten und Gesichtsmuskulatur einher. Daneben besteht eine andere auffallende, motorische Erscheinungsform in diesem Schlafzustand. Es zeigen sich rasche, ruckartige Bulbusbewegungen unter geschlossenen Lidern. Entsprechend den Initialen der englischen Bezeichnung für die "schnellen" Augenbewegungen (rapid eye movements) wurde dieses Stadium von ASERINSKY und KLEITMAN (1955) als REM-Schlafphase bezeichnet.

Im Gegensatz zu dieser motorisch aktiven REM-Phase, werden die ruhigen Schlafabschnitte entsprechend als Non-REM-Phasen bezeichnet.Durch polygraphische Studien am neugeborenen Säugling, welche neben den Aufzeichnungen der schnellen Augenbewegungen auch das EEG und die Registrierung von Atmung und Herztätigkeit einschließen, läßt sich die zeitliche Folge von REM und Non-REM-Phasen im Laufe eines längeren Schlafabschnittes darstellen.

Untersuchungen von STERN et al. (1969, 1973) konnten belegen, daß die Sequenz von REM und Non-REM-

Phasen keinesfalls als eine unsystematische Folge dieser Zustände angesehen werden darf. Vielmehr zeigten diese Autoren anhand mathematischer Zeitreihenanalysen, daß sich die beiden genannten Schlafstadien bei gesunden Neugeborenen mit einer durchschnittlichen Periodizität von 4o–5o Minuten ablösen. Dieses Periodenintervall des Schlafstadienzyklus eines neugeborenen Kindes kann mit dem durchschnittlichen Periodenintervall des fetalen Aktivitätszyklus verglichen werden.

In besonders eindrucksvoller Weise konnte dies an einigen jener Kinder nachgeprüft werden, deren fetale Bewegungsaktivität bereits in der referierten Studie von STERMAN und HOPPENBROWERS (1971) analysiert worden war. Einige dieser Kinder waren in das Untersuchungsprogramm von STERN et al. (1969, 1973) aufgenommen worden. Der statistische Vergleich zwischen der Zyklik der fetalen Bewegungsaktivitäten und der Periodizität im Ablauf der REM- und Non-REM-Phasen jedes dieser Kinder ließ keinerlei signifikante Unterschiede erkennen. Man darf daraus schließen, daß es sich bei der ca. 4oMin.-Periodizität der fetalen Bewegungen um die ontogenetische Frühform eines elementaren Ruhe-Aktivitätszyklus handelt.

Derselbe Zyklus manifestiert sich nach der Geburt in einer alternierenden Folge von Stadien des REM- und Non-REM-Schlafes. Ein derartiger Grundzyklus von Ruhe und Aktivität war erstmals 1932 von KLEITMAN vermutet worden. Diese Hypothese beinhaltete auch die Annahme, daß sich der nämliche Grundzyklus in Schlaf- und Wachphasen kontinuier-

lich fortsetzt. Während er in Abschnitten des Schlafes relativ leicht an Hand der polygraphischen Kriterien für die genannten Stadien nachweisbar ist, stößt sein Nachweis während des Wachzustandes auf größere methodische Probleme. Dies hängt natürlich damit zusammen, daß beim Säugling und erst recht beim älteren Kind während der Wachphasen als Reaktion auf Umweltreize eine Vielzahl induzierter Verhaltensweisen auftritt. Durch die Vielzahl reaktiver Verhaltensweisen können die Manifestationen dieses Grundzyklus verdeckt werden.

1.3 Ultradiane 4-Std.-Periodik des Schlaf-Wach-Verhaltens

Dem Kleitman'schen Konzept folgend stellt sich die Wiederkehr der alternierenden Stadien des REM- und NREM-Schlafes als eine spezielle Manifestationsform eines ultradianen Grundzyklus von motorischer Aktivität und Ruhe dar. Beim Neugeborenen beträgt das durchschnittliche Periodenintervall dieses Ruhe-Aktivitätszyklus 4o-5o Minuten.

Von dieser 4o-Minuten Periodik läßt sich ein weiterer ultradianer Rhythmus unterscheiden. Dieser zweite ultradiane Zyklus des Neugeborenen beeinflußt die zeitliche Verteilung der Wach- und Schlafabschnitte des Kindes. Seine mittlere Periodendauer bemißt etwa 4 Std.

Wie bereits GESELL und ILG (1937, 1943) nachgewiesen haben, erwachen Neugeborene, deren Schlaf- und Wachverhalten nicht durch Pflegemaßnahmen beeinflußt wird, anscheinend nach einem inneren Zeitplan

in durchschnittlichen Abständen von 4 Stunden. Die Ursache dieser 4-Stunden-Periodik des Schlaf-Wachverhaltens war ursprünglich umstritten. In älteren Arbeiten wurde die naheliegende Auffassung vertreten, daß ein neugeborenes Kind aus dem Schlaf erwacht, sobald sich nach der vorausgegangenen Fütterung wieder ein Hungergefühl eingestellt hat.

Diese ältere Auffassung wurde durch neuere Untersuchungen in Frage gestellt. So konnten EMDE et al. (1975) nachweisen, daß Säuglinge, welche im Laufe der ersten 1o Stunden nach der Geburt weder eine Nahrung erhalten hatten, noch irgendeine Störung ihres spontanen Schlaf-Wachverhaltens erfahren hatten, in durchschnittlichen Abständen von 3,6 Stunden selbsttätig erwachten und wieder einschliefen. Die genannten Untersuchungen stellen einen eindrucksvollen Beleg dafür dar, daß der 4-Stunden-Periodik des Schlaf-Wachverhaltens eine endogene Steuerung im Sinne eines angeborenen biologischen Rhythmus zu Grunde liegt.

Ferner konnte MORATH (1974) bei 3 gesunden Säuglingen die nach dem sog. Self-demand-Prinzip gefüttert wurden, beobachten, daß sich bereits in der ersten Lebenswoche eine 4-Stunden-Periodik eingestellt hatte. Dem Prinzip des Self-Demand-Feeding entsprechend wurden die Kinder nur dann gefüttert, wenn sie nach dem Erwachen zunehmende Unruhe erkennen ließen, die schließlich in ein Schreien überging. Es zeigte sich, daß diese Verhaltenskriterien des Nahrungsbegehrens in Abständen von durchschnittlich 4 Stunden auftraten. Das durchschnittliche Intervall von 4 Stunden erwies sich dabei unabhängig von der aufgenommenen Nahrungsmenge. Die Resultate

MORATH's sprechen damit in ähnlicher Weise wie diejenigen der Studiengruppe um EMDE (1975) für die Existenz eines endogenen 4-Stunden-Rhythmus. Dieser 4-Std.-Rhythmus steuert das Erwachen des Säuglings wie auch das Auftreten von Verhaltensweisen, welche als Ausdruck eines spontanten Nahrungsbegehrens gedeutet werden können.

1.4 Circadianer Rhythmus im Schlaf-Wach-Verhalten

Die zeitliche Folge spontan auftretender Schlaf- und Wachphasen des neugeborenen Kindes wird, wie in den vorausgegangenen Abschnitten beschrieben, von einem ultradianen 4-Stundenzyklus beherrscht. Die führende Rolle des 4-Stundenzyklus in der Strukturierung des Schlaf-Wachmusters bleibt zumeist innerhalb der ersten 4 Lebenswochen erhalten. Dies bedeutet, daß innerhalb der ersten Lebenswochen keinerlei Unterschiede im Schlaf-Wachverhalten des Kindes hinsichtlich der Tag-Nachtzeit zu beobachten sind. Spontanes Erwachen in Abständen von 4 Stunden erfolgt demzufolge nachts ebenso wie zur Tageszeit. Neugeborene weisen in diesen ersten Lebenswochen keine tagesperiodische Komponente in ihren Verhaltensaktivitäten auf. Eine Reihe von Untersuchungen, auf die im Folgenden eingegangen wird, haben gezeigt, daß Gliederungen des gesamten Schlaf-Wachmusters im Sinne einer Tagesperiodik meist erst jenseits des ersten Lebensmonats allmählich aufkommen. Besonders eindrucksvoll läßt sich dies an Hand sog. Zeitkarten veranschaulichen.

Solche Zeitkarten bestehen aus aufeinanderfolgenden Zeilen, von denen eine jede das 24-Stundenintervall eines Lebenstages umfaßt. In diese Zeilen werden

die beobachteten Schlafphasen als schwarze Striche eingetragen. Demgegenüber erscheinen die Wachphasen als weiße Zwischenabschnitte. Die Abbildungen 1 und 2 repräsentieren Beispiele solcher Zeitkarten des spontanen Schlaf-Wachverhaltens gesunder Säuglinge. Die in Abb. 1 zusammengefaßten 3 Zeitkarten wurden früheren Veröffentlichungen der Autoren Kleitman und Engelman (1953), Parmelee (1961) und Halberg (1980) entnommen. Die Abb. 2 stellt die des in dieser Studie untersuchten Kindes dar. Alle 4 Zeitkarten sind im selben zeitlichen Maßstab abgebildet. Die oberste Zeile einer jeden Karte entspricht jeweils dem ersten Lebenstag. Man erkennt, daß sich tageszeitliche Unterschiede im Sinne verlängerter Schlafphasen während der Nachtzeit und gehäufter Wachphasen während der Tageszeit mit zunehmendem Alter des Kindes ausprägen.

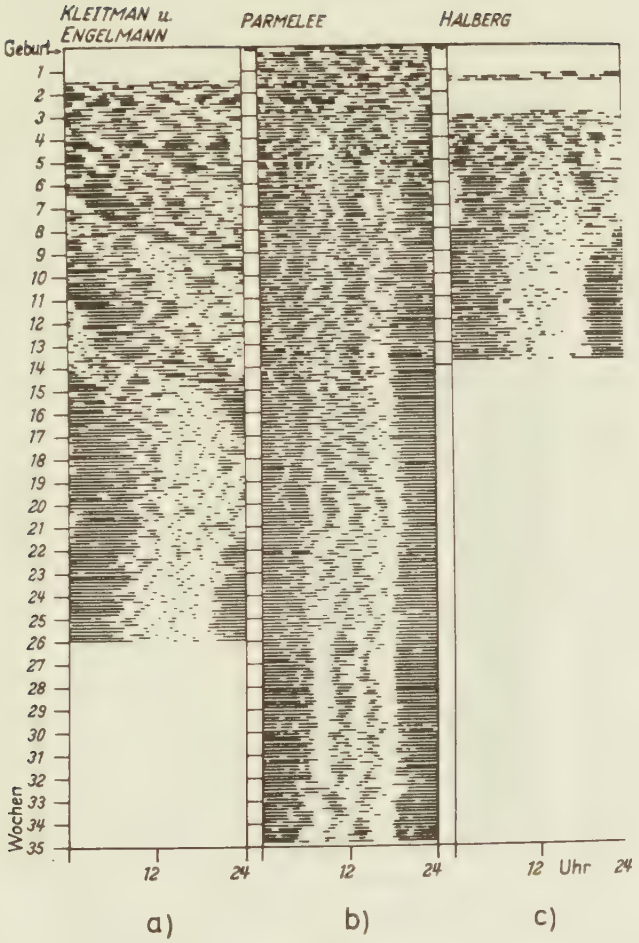

Abb.1. Vergleichende Gegenüberstellung der Zeitkarten des spontanen Schlaf-Wach-Verhaltens von drei Säuglingen nach Beobachtungen von KLEITMAN und ENGELMAN (1953), PARMELEE (1961) und HALBERG (196o). Schwarze Balken: Schlafphasen, weiße Intervalle: Wachphasen. Beachte die unterschiedlichen Drifterscheinungen in den drei Zeitmustern.

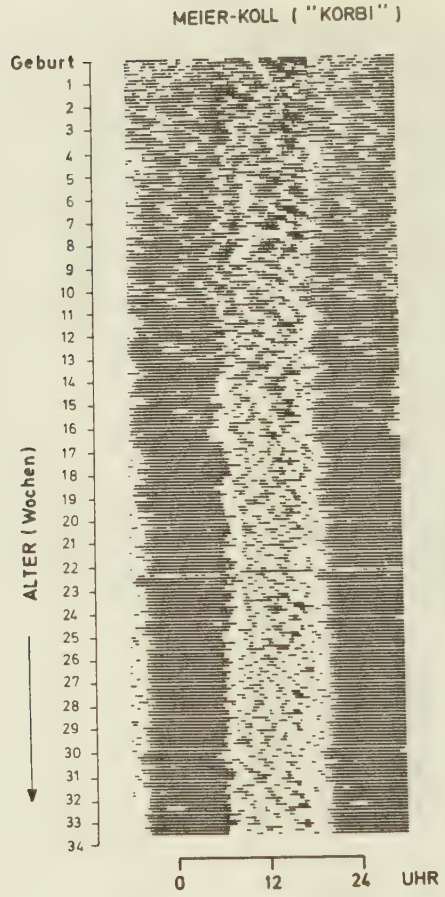

Abb. 2. Zeitkarte des spontanten Schlaf-Wach-Verhaltens eines reifgeborenen Säuglings (Kind "KORBI") vom Tag der Geburt bis zum achten Lebensmonat. Schwarze Balken: Schlafphasen, weiße Intervalle: Wachphasen (nach Beobachtungen von MEIER-KOLL (1978 a, b)

Die zeitlichen Abschnitte, in denen diese Ausprägungen erfolgen, sind für die untersuchten 4 Kinder unterschiedlich. Eine gewisse Ähnlichkeit besteht in den Zeitkarten von Parmelee und Meier-Koll.

Besonderes Interesse beansprucht die von Kleitman und Engelman publizierte Zeitkarte. Es zeigen sich in dieser Zeitkarte helle Häufungszonen der Wachphasen. Jede dieser Häufungszonen schiebt sich hinsichtlich der Tageszeit vom linken Bildrand der Karte zum rechten Bildrand in einer leicht nach abwärts gerichteten Bewegung. Derartige Verschiebungen des Schlaf-Wachverhaltens ließen sich auch bei erwachsenen Menschen beobachten, die längere Zeit unter Ausschluß äußerer Tageseinflüsse und ohne objektiven Anhalt für ein Zeitbewußtsein gelebt haben. Als Beispiel für derartige Isolationsstudien seien die Untersuchungen von Aschoff (1965), Aschoff und Wever (1962), Mills (1964, 1966) und Chouvet et al. (1974) genannt.

Die Verschiebung der Kumulationszonen der Schlaf- und Wachphasen gegenüber der objektiven Tageszeit muß als Ausdruck einer freilaufenden Periodik gewertet werden, deren Periodenintervall im Bereich von 24 Stunden liegt, jedoch nicht exakt einer 24-Stundenperiodik entspricht. Man nennt derartige Periodizitäten c i r c a d i a n e Rhythmen. Die Ausrichtung des gesamten Schlaf-Wachmusters im Sinne des äußeren Tag-Nachtwechsels geschieht durch Umwelteinflüsse, welche die circadiane Periodik zu synchronisieren vermögen. Solche Umwelteinflüsse,zu denen man den Wechsel des Tageslichts, die an- und abschwellende Geräuschkulisse

des Tages sowie die zahlreichen Sozialkontakte zu rechnen hat, werden daher als Synchronisatoren oder Zeitgeber bezeichnet.

Übereinstimmend zeigen die in den Abb. 1 und 2 wiedergegebenen Zeitkarten, daß sich bei gesunden Säuglingen nach dem ersten Lebensmonat eine Circadianperiodik ausbildet, die im Laufe der weiteren Lebenswochen unter den Einwirkungen äußerer Tàges-einflüsse zu geraten scheint und somit dem Tages-ablauf angepaßt wird.

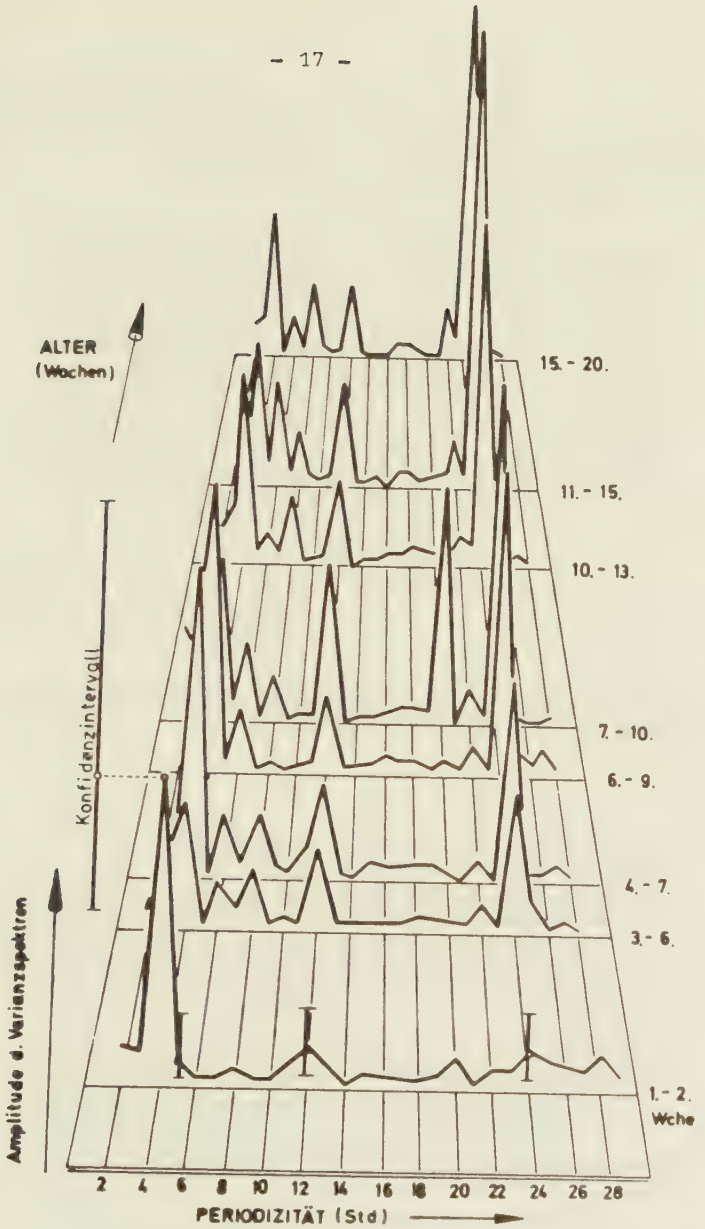

Abb. 3. Spektrale Entwicklung des Schlaf-Wach-Musters reifgeborener Säuglinge. Varianzspektren von Zeitreihen spontaner Schlaf- und Wachphasen aus verschiedenen Altersgruppen. Beachte: Bereits in den ersten beiden Lebenswochen besteht eine deutliche 4-Stunden-Periodik. Neben dieser tritt nach dem 1. Monat eine Circadianperiodik auf (nach Busse (1971) und Hellbrügge (1974).

Die Zeit der vollständigen Synchronisation dieser anfänglich frei laufenden Circadianrhythmen ist für verschiedene Kinder unterschiedlich.

Werden die Zeitreihen der Schlaf-Wachphasen, welche sich anschaulich anhand der Zeitkarten darstellen lassen, einer mathematischen Zeitanalyse (Halberg, 1959, 1964) unterzogen, so lassen sich durch die Bildung sogenannter Powerspektren ultradiane wie circadiane Komponenten quantitativ ermitteln. In Abb. 3 sind derartige Powerspektren des Schlaf-Wachverhaltens von 3o gesunden Säuglingen nach Altersstufen geordnet zusammengestellt. Man erkennt, daß im Gruppenmittel über mehrere gesunde Kinder die ersten 4 Lebenswochen von einer 4-Stundenperiodik des Schlaf-Wachverhaltens bestimmt sind, jenseits des ersten Lebensmonats beginnt sich die Circadiankomponente mit Perioden um 24 Stunden in zunehmendem Maße auszubilden.

1.5 Zusammenfassung der Literaturübersicht

In der einschlägigen Literatur zur Chronobiologie des neugeborenen Kindes und Säuglings finden sich 3 verschiedene endogene Zyklen beschrieben, die sich im Verhalten des Kindes widerspiegeln.

1.) Die 4o-Minutenperiodik der Schlafstadienfolge, die bereits intrauterin angelegt ist und sich während der Schwangerschaftsperiode in Form eines Zyklus der fetalen Bewegungsaktivität kundgibt.

2.) Eine 4-Stundenperiodik des Schlaf-Wachverhaltens, die schon in den ersten Lebenstagen beobachtet werden kann.

3.) Eine Circadianperiodik, die sich jenseits des ersten Lebensmonats in zunehmendem Maße aufbaut.

Um einen anschaulichen Vergleich zu gebrauchen, könnte man den Organismus des Kindes mit einer Uhr vergleichen, die ähnlich dem Sekunden-, Minuten- und Stundenzeiger drei verschieden schnelle Zyklen aufweist. Es läßt sich ferner an der Literaturübersicht eine grobe Regel erstellen,wonach der schnellste Zyklus, welcher die kürzeste Periodendauer aufweist, sich im Lauf der Ontogenese am frühesten manifestiert, während die beiden langsameren Zyklen entsprechend später zu beobachten sind.

2. Methodik der Verhaltensbeobachtungen und der polygraphischen Registrierung

2.1 Problemstellung

Die Literaturübersicht belegt, daß die zeitliche Organisation der elementaren physiologischen Zustände des Schlafens und Wachens eines neugeborenen Kindes zunächst von ultradianen Rhythmen bestimmt wird, denen sich im Laufe des zweiten Monats eine Circadianperiodik überlagert. In ihrem Zusammenspiel scheinen diese Rhythmen eine Art "Uhrwerk" zu bilden, welches die verschiedenen Abschnitte eines natürlichen Zeitplanes für das Auftreten von Schlaf- und Wachstadien aufzeigt. Nach dieser Literaturübersicht bleiben jedoch eine Reihe von Fragen ungeklärt: Beispielsweise wurden als Manifestationsformen des 4o-5o-Minutenzyklus die Zeitreihen von

REM und NREM-Schlaf beschrieben. Dem Kleitmanschen Konzept (1932, 1969) eines motorischen Grundzyklus von Ruhe und Aktivität folgend sollte diese 4o-5o-Minutenzyklik jedoch nicht nur auf den Schlaf beschränkt sein. Es wäre zu erwarten, daß sie sich auch während der Wachphasen des Säuglings als kontinuierlicher Zyklus fortsetzt. Des weiteren wäre dann zu vermuten, daß dieser fortlaufende Grundzyklus verschiedene Verhaltensaktivitäten des wachen Kindes zu modulieren vermag. Aus dem Verhaltensrepertoire eines Säuglings treten die Verhaltensweisen des Lächelns und verschiedener Vokalisationsformen hervor, da sich in ihnen lust- und unlustbetonte Stimmungen des Kindes kundtun. Lächeln und Lautgebung besitzen eine ursprüngliche Signalfunktion im Umgang mit der sozialen Umwelt des Kindes. Auf die Bedeutung des ersten Lächelns als Markstein der neuronalen Reifung wurde bereits von Söderling (1959) hingewiesen.

Die Problemstellung für die vorliegenden eigenen Untersuchungen wurde in zwei Teilfragen gegliedert:

1. Anhand von Verhaltensbeobachtungen und polygraphischen Langzeitregistrierungen des Schlaf-Wachverhaltens sollte geprüft werden, ob sich der in den Schlafstadien manifestierende 4o-Minutenzyklus als ein kontinuierlicher Rhythmus verstehen läßt, der auch latent die Wachphasen durchläuft.

2. Anhand quantifizierter Verhaltensbeobachtungen des Lächelns und verschiedener Vokalisationsformen sollte geprüft werden, inwieweit diese Verhaltensweisen des wachen Kindes von dem ultradianen 4o-Minutenzyklus beeinflußt werden. Diese Problemstellung setzte voraus, daß die verschiedenen Untersuchungen an ein- und demselben Kind durchgeführt wurden.

Dieser Arbeit liegen daher die Daten einer Einzelfallstudie zugrunde.

2.2 Methodik

a) Anamnese

Der Junge "Korbi" wurde nach komplikationsloser Schwangerschaft termingerecht geboren und erfüllte alle 1o Kriterien des Apgar-Score. Die Entbindung war ohne Schwierigkeiten erfolgt. Das Geburtsgewicht betrug 284o Gramm, seine Körperlänge 48 cm. Die Anamnese beider Eltern ist unauffällig.

b) Pflegemaßnahmen

Da das Kind im Verlauf der Studie keinem äußeren Reglement unterworfen werden sollte,wurde das Neugeborene während der ersten zwei Lebenswochen in einem separaten Raum der Säuglingsstation untergebracht. Die Pflege des Kindes wurde dort von der Mutter und anderen Mitgliedern der Studiengruppe übernommen. Dadurch wurde jede Beeinträchtigung des spontanen Verhaltens soweit als möglich vermieden. Das Kind wurde überwiegend mit der Flasche gestillt, sooft aus seinem V$_e$rhalten auf ein Nahrungsbegehren geschlossen werden konnte. Die Verhaltenskriterien für das Nahrungsbegehren wurden den Publikationen von GESELL und ILG (1937) und MORATH (1974) entnommen.

Als Ausdruck eines Nahrungsbegehrens wurde die Beobachtung gewertet, daß der Säugling nach spontanem Erwachen und zunehmender motorischer Unruhe zu schreien begann. Dabei wurde nach Möglichkeit ausgeschlossen, daß andere Unannehmlichkeiten Ursache

des Schreiens waren. Oft ließ sich das Lutschen an den Fäustchen als weiteres Kriterium eines Nahrungsbegehrens heranziehen.
Während der Wachphasen war dafür gesorgt, daß der Säugling ausreichenden Kontakt mit seiner Mutter hatte. Bei Anzeichen von Schläfrigkeit wurden Vorbereitungen für den Fortgang polygraphischer Untersuchungen getroffen.

c) Verhaltensbeobachtungen und polygraphische Messung

Das Kind wurde von den Autoren rund um die Uhr beobachtet. Beginn und Ende der Wach- und Schlafphasen wurden neben Anzeichen des Nahrungsbegehrens, Stillzeiten und anderen relevanten Ereignissen fortlaufend protokolliert. Die Schlafabschnitte wurden anhand polygraphischer Kriterien in REM- und NREM-Stadien unterteilt.
Diese Kriterien für die Bestimmung der Schlafstadien wurden dem von Anders et. al.(1971) herausgegebenen Manual zur Standartisierung der Ableittechnik und Terminologie entnommen.

Um die Anzahl der Störquellen während der polygraphischen Langzeitstudie möglichst klein zu halten, wurde meist nur das zentrale EEG der rechten Hemisphäre (C4 - A1) in Verbindung mit den Bewegungen beider Augen unipolar gegen das linke Mastoid abgeleitet. Gelegentlich wurden weitere EEG-Kanäle der Längsreihen über beiden Hemisphären und das EKG zugeschaltet.

Mit dem Ende des 2-wöchigen Klinikaufenthaltes wurden die polygraphischen Untersuchungen vorübergehend unterbrochen, um in späteren Zeitabschnit-

ten (5., 11. und 16. Lebenswoche) im Heim der Eltern fortgeführt zu werden. Dagegen erfolgte die Protokollierung des spontanen Schlaf-Wach-Verhaltens unter den Bedingungen eines "self-demand-feeding" ohne Unterbrechung. Auftreten und Dauer der Schlaf-Wach-Phasen wurden mit einer Genauigkeit von 1o Minuten in eine Zeitkarte (Abb. 4 a und b) übertragen, so daß die tageszeitliche Verteilung der Schlaf- und Wachphasen vom ersten Lebenstag bis Ende des 4. Lebensmonats zu ersehen war. Jede Linie der Zeitkarte entspricht einem Tag. Die Abschnitte des Schlafes sind durch schwarze Balken, die des Wachens durch entsprechende Lücken gekennzeichnet. Jenseits der ersten vier Wochen beginnen sich die Wachphasen in der Tageszeit zu kumulieren, so daß ihr Verteilungsmuster als milchstraßenartiger Streifen die Zeitkarte durchzieht.

Die polygraphischen Registrierungen während der ersten zwei, sowie der 5., 11. und 16. Lebenswoche gestatteten eine Unterteilung der Schlafabschnitte dieser Zeit in REM- und NREM-Stadien. Abb. 4 b zeigt eine dem Verteilungsmuster der Schlaf-Wach-Phasen (Abb. 4 a) korrespondierende Zeitkarte für das Auftreten von REM- und NREM-Stadien. Schwarze Kästchen markieren darin die Dauer der vermessenen REM-Epochen mit einer Genauigkeit von 5 Minuten.

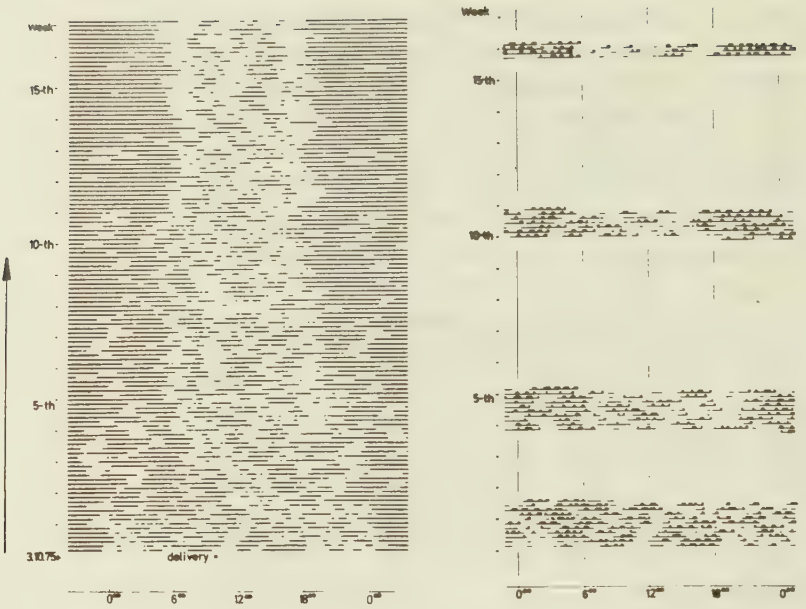

Abb. 4. Zeitkarten der Wach- und Schlafstadien des Kindes "KORBI" im Verlauf der ersten vier Lebensmonate (nach Meier-Koll et al. 1978 a, b)

a) Zeitliche Verteilung der Wach- und Schlafphasen. Jede Zeile der Zeitkarte entspricht einem Tag. Die Schlafabschnitte sind durch schwarze Balken, die Wachphasen durch weiße Lücken dargestellt. Erster Tag: erste, untere Zeile; am linken Rand: Lebensalter (Wochen).

b) Polygraphisch bestimmte Unterteilung von Schlafphasen in REM- und NREM-Stadien während der ersten zwei Wochen, sowie im Lauf der 5., 11. und 16. Lebenswoche. Schwarze Kästchen innerhalb der Schlafphasen bezeichnen die REM-Stadien.

d) Beobachtungsmodus für Lautgebungen und Lächeln

Die polygraphischen Registrierungen wurden zeitweise durch Beobachtungen einiger Verhaltensweisen des wachen Kindes ergänzt.

Für die Verhaltensbeobachtungen boten sich die verschiedenen Formen der Vokalisation an, mit denen das Kind lust- und unlustbetonte Stimmungen auszudrücken vermag. Ferner ließ sich ohne Schwierigkeit festhalten, wie oft der Säugling das mimische Muster des Lächelns gezeigt hatte.

Vokalisationen:
Die Verhaltensbeobachtungen erstreckten sich insgesamt über drei Tage der 16. Lebenswoche des Kindes "Korbi". In dieser Zeit bestanden die freundlichen Lautäußerungen in Juchzern, die man am besten mit einem langgezogenen "hei" wiedergeben kann. Meist stützte sich das Kind dabei aus der Bauchlage auf, um für kurze Momente einen Blick über den Rand seines Körbchens zu werfen. Dabei lächelte es meist in seine Umgebung, ohne daß dort ein besonderer Auslöser dieses Lächelns erkennbar gewesen war.

Ein Beobachter saß in einem Abstand von 2-3 Metern seitlich vor dem Körbchen des Kindes. Dabei vermied er, die Aufmerksamkeit des Säuglings in besonderer Weise zu beeinflussen. Der Beobachter verzeichnete in Form von Strichlisten, wie oft das Kind in aufeinanderfolgenden Zeitintervallen von je 5 Minuten Dauer die freundliche Vokalisation des langezogenen "hei" vernehmen ließ.

Traten zunächst vereinzelt derartige Lautäußerungen des Unmuts auf, so dauerte es meist nicht lange, bis sie nach steter Häufung in anhaltendes Schreien übergegangen waren. Die Protokollierung der einzelnen verdrießlichen Laute wurde bis zu diesem Zeitpunkt vorgenommen. Das anhaltende Schreien wurde durch ein entsprechendes Zeichen in den Protokollen markiert.

Lächeln: In dem Beobachtungszeitraum um die 16. Lebenswoche ließ das Kind bevorzugt nach dem Erwachen wiederholt ein Lächeln erkennen, ohne daß klar umschriebene Auslöser in seiner Umgebung feststellbar waren. Eine typische Situation, in der das Kind dieses Lächeln zeigte, stellte sich folgendermaßen dar: Nach dem Erwachen stützte es sich aus der Bauchlage auf seine Ärmchen auf und blickte über den Rand seines Korbes. Dabei verzog es immer wieder sein Gesichtchen zum Lächeln, ohne daß ein spezifischer Auslöser, wie zum Beispiel das menschliche Gesicht, dieses Verhalten provoziert hatten.

Es hatte den Anschein, als lächle das Kind ohne besonderes Ziel in seine Umgebung. Ein Beobachter, der ruhig einige Meter vom Kind entfernt saß, protokollierte das Auftreten des Lächelns in gleicher Weise, wie es für die Vokalisation geschah.

3. Ergebnisse der eigenen Untersuchungen

3.1 Zeitliche Beziehungen zwischen REM-Stadien und Wachphasen

Interaktionen zwischen den Zeitreihen des Schlaf-wachmusters und dem 5o-Minuten-Zyklus der Schlaf-stadien sollten sich anhand gesetzmäßiger Beziehungen zwischen dem Auftreten von REM- bzw. NREM-Stadien und Wachphasen ermitteln lassen. Daher wurde die zeitliche Verteilung der REM-Stadien (Abb. 1 a) vor dem Hintergrund der beschriebenen Entwicklung des Schlaf-Wach-Musters statistisch analysiert.

Das Prinzip der einfachen statistischen Analyse bestand darin, in der zeitlichen Sequenz von REM-Stadien und Wachphasen jeweils den Zeitpunkt des Erwachens als Nullpunkt einer Zeitskala zu wählen und darauf das Auftreten von REM-Stadien zu beziehen. So war es möglich, die Häufigkeit des REM-Schlafes in der Zeit vor und nach dem Moment des Erwachens auszuzählen.

In ähnlicher Weise wurde die Häufigkeit des Wachzustandes für die Zeit nach dem Erwachen ermittelt. Das Verfahren wurde in gleicher Weise auf die polygraphisch bestimmten Verteilungsmuster der verschiedenen Lebenswochen (vergl. Abb. 1 a) angewandt, wobei im Hinblick auf tageszeitliche Unterschiede die Zeitbereiche zwischen 6^{00}- 18^{00} und 18^{00}- 6^{00}Uhr getrennt ausgewertet wurden.

a) 1.-2. Lebenswoche

Den Diagrammen der Abb. 5 liegen die Daten der ersten beiden Lebenswochen im Zeitbereich von

6^{oo}-18^{oo} Uhr zugrunde. Die entsprechenden Diagramme der Abb. 5 wurden aufgrund der Daten des nächtlichen Zeitbereichs von 18^{oo} - 6^{oo}Uhr erstellt. Die schwarzen Profildiagramme beider Abbildungen zeigen die Häufigkeitsverteilung von REM-Stadien um den Zeitpunkt des Erwachens. Man erkennt, daß sich die REM-Stadien in Abständen von 15o, 1oo und 5o Minuten vor dem Erwachen häufen. Diese periodische Häufigkeitsverteilung des REM-Stadiums vor dem Erwachen weist darauf hin, daß der Vorgang des Erwachens eine klare Phasenbeziehung zum Ruhe-Aktivitätszyklus des Neugeborenen haben muß. Die Häufigkeitsverteilung der REM-Stadien in einiger Entfernung nach dem Zeitpunkt des Erwachens läßt ebenso eine periodische Gliederung von 5o Minuten erkennen. Dieses Resultat ist gleichfalls nur zu erwarten, wenn die einer Wachphase folgenden REM-Stadien eine Phasenbeziehung zum Zeitpunkt des Erwachens besitzen.

Daß die periodischen Häufungen von REM-Stadien in der Zeit vor und nach dem Erwachen Manifestationen eines kontinuierlich fortlaufenden Zyklus sind, wird anhand eines sinusförmigen Modellzyklus deutlich. Die Sinuskurven (Abb. 5 und 6) wurden hinsichtlich ihrer Periode und Phasenlänge solange variiert,bis ihre Kreuzkorrelation mit den schwarzen Verteilungsprofilen ein Maximum zeigte. In diesem Sinne weisen die Sinuskurven die beste mathematische Übereinstimmung (Kohärenz) mit der Periodizität der Verteilungsprofile des REM-Stadiums auf. Der Vergleich dieser Sinuskurven mit den entsprechenden Häufigkeitsverteilungen des REM-Schlafes läßt erkennen, daß sich der KLEITMAN'sche Ruhe-Aktivitätszyklus mit einer Periode

von 5o Minuten kontinuierlich durch die Wachphasen fortgesetzt hat. Das Erwachen des Kindes zeigte im statistischen Mittel eine Phasenbeziehung zu diesem Grundzyklus: Das Kind erwachte überwiegend in jener Halbphase des 5o-Minuten-Zyklus in der, hätte das Kind weiter geschlafen, wiederum eine REM-Epoche aufgetreten wäre.

Anhand der Zeitkarte (Abb. 2) wurde auch die Häufigkeit ausgezählt, mit der Wachzustände in der Zeit nach dem Erwachen aufgetreten waren. Die entsprechenden Verteilungsdiagramme (Abb. 5 und 6) lassen Häufungen des Wachzustandes in Abständen von 4 Stunden erkennen. Naturgemäß häuft sich der Wachzustand unmittelbar nach einem Zeitpunkt des Erwachens. Eine Stunde später sinkt das Maß dieser Häufigkeit deutlich ab und durchläuft 2-3 Stunden nach dem Erwachen ein Minimum. Dies bedeutet, daß das Kind in dieser Zeit meist wieder eingeschlafen war. Zwischen der 4.-5. Stunde nach dem ersten Erwachen steigt die Häufigkeit des Wachens wieder zu einem relativen Maximum an. Zwischen der 5.-8. Stunde schließt sich eine weitere Periode von ab- und ansteigender Häufigkeit des Wachzustandes an. Die Verteilungsdiagramme spiegeln somit die ultradiane 4-Stunden-Periodik der Schlaf-Wach-Sequenz wider.

Vergleicht man die(schwarzen) Verteilungsprofile des REM-Stadiums mit den Häufigkeitsverteilungen des Wachzustandes, so wird verständlich, weshalb sich die REM-Stadien in umso geringerem Maß vor dem Zeitpunkt des Erwachens häufen, je weiter sie von diesem entfernt sind. In einem Abstand von mehr als 15o Minuten vor dem Erwachen befand sich das Kind mit großer Wahrscheinlichkeit in der vorausgegangenen Wachphase, so daß in diesem zeitlichen Abstand

keine REM-Epochen vermessen werden konnten. Ferner ist zu ersehen, weshalb die REM-Stadien bevorzugt in der Zeit zwischen 2 und 4 Stunden nach dem Erwachen auftraten. Dieser Zeitraum entspricht der durchschnittlichen Schlafphase zwischen zwei im mittleren Intervall von 4 Stunden aufeinanderfolgenden Wachphasen.

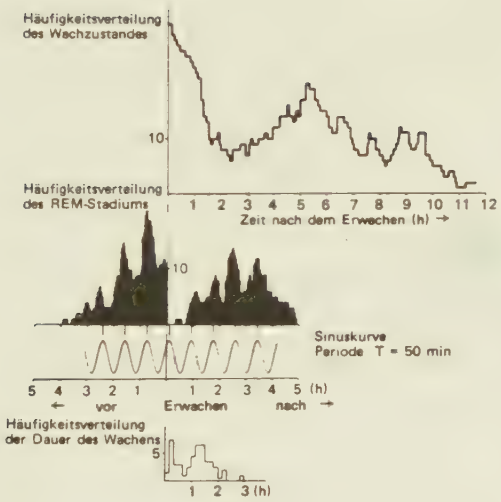

Abb. 5. Beziehungen im Auftreten von REM- und Wachphasen in den ersten beiden Lebenswochen zur Tageszeit (6.oo - 18.oo Uhr). Periodische Häufungen des REM-Stadiums vor und nach dem Erwachen erscheinen als Manifestationen eines durchgängigen Zyklus. Bevorzugte Zeitpunkte des Erwachens und Einschlafens scheinen durch denselben Zyklus bestimmt zu sein.

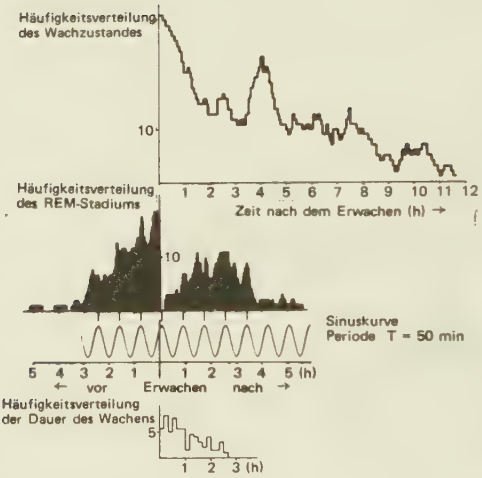

Abb. 6. Beziehungen im Auftreten von REM- und Wachphasen in den ersten beiden Lebenswochen zur Nachtzeit(18.oo - 6.oo Uhr).

Ähnlich dem Zeitpunkt des Aufwachens schien auch der Vorgang des Einschlafens eine bevorzugte zeitliche Beziehung zum Kleitman'schen Grundzyklus zu haben. Dies läßt sich anhand von Diagrammen belegen, welche die Häufigkeit der zeitlichen Dauer von Wachphasen darstellen (s. Abb. 5 und 6). In der Zeitkarte des Schlaf-Wach-Verhaltens (Abb. 4) sind kurze und lange Wachphasen enthalten. Zählt man die Häufigkeit der Wachphasen in verschiedenen Intervallklassen ihrer zeitlichen Dauer auf, so resultieren entsprechende Verteilungsdiagramme (Abb. 5 und 6). Das Diagramm in Abb. 5 weist zwei Maxima auf. Dies bedeutet, daß Wachphasen von 1o-2o Minuten (erstes Maximum) und solche von 6o-7o Minuten (zweites Maximum) häufiger aufgetreten waren als Wachphasen anderer Dauer. War das Kind einmal erwacht, so schlief es bevorzugt von 1o-2o Minuten oder nach 6o-7o Minuten wieder ein. Vergleicht man die genannte Verteilung der Wachdauer in ihrer Beziehung zur Periodizität des KLEITMAN'schen Grundzyklus, so läßt sich feststellen, daß bevorzugte Zeitpunkte des Einschlafens mit dem Beginn jener Halbphasen zusammenfallen, die dem NREM-Schlaf entsprechen. Das Verteilungsdiagramm für die Längen der nächtlichen Wachphasen (Abb. 6) ließ die beschriebene Beziehung zum 5o-Minuten-Zyklus jedoch nicht erkennen.

b) 5. und 11. Lebenswoche

Die zeitlichen Beziehungen zwischen REM-Stadien und Wachphasen, welche sich anhand des Datenmaterials der 5. und 11. Lebenswoche (vergl. Abb. 4 b) ergeben haben, sind in den Abb. 6-1o dargestellt. Die einzelnen Diagramme dieser Abbildungen entsprechen den ausführ-

licher erläuterten Diagrammen der Abb. 5 und 6. Die Verteilungsprofile von Wachzuständen, REM-Stadien und Dauer der Wachphasen wurden in der beschriebenen Weise ermittelt.

Das Datenmaterial der polygraphischen Untersuchungen, die um die 16. Lebenswoche angestellt wurden, erbrachte des geringen Umfanges wegen keine eindeutigen Resultate und wird daher nicht berücksichtigt.

Tag-Nacht-Unterschiede im Schlaf-Wachverhalten, wie sie erstmals während der 5. Lebenswoche zu beobachten waren (vergl. Abb. 4), zeigen die entsprechenden Häufigkeitsverteilungen des Wachzustandes für die Zeit nach dem Erwachen (Abb. 7 und 8). Untertags zeigte die Häufung der Wachzustände nach einem Zeitpunkt des Erwachens eine 4-5 Stunden-Periodik (Abb. 7), während das Kind nachts überwiegend schlief. Die Häufigkeit des Wachzustandes nimmt daher für die Dauer von 8-9 Stunden nach dem letzten Erwachen minimale Werte an

Ähnliche Tag-Nachtunterschiede kommen in den entsprechenden Verteilungsdiagrammen des Wachzustandes zum Ausdruck, die anhand des Datenmaterials der 11. Lebenswoche gewonnen wurden (Abb. 9 und 1o).

Ungeachtet dieser Entwicklung des Schlaf-Wach-Verhaltens bleiben die zeitlichen Beziehungen zwischen dem Auftreten von REM-Stadien und Wachphasen erhalten, die bereits während der ersten zwei Wochen bestanden hatten. Auch in den späteren Lebenswochen häuften sich REM-Stadien in periodischer Weise vor und nach dem Erwachen. Anhand der Sinuskurven, welche den schwarzen Verteilungsprofilen der REM-Stadien angepaßt wurden, lassen sich die periodischen Häu-

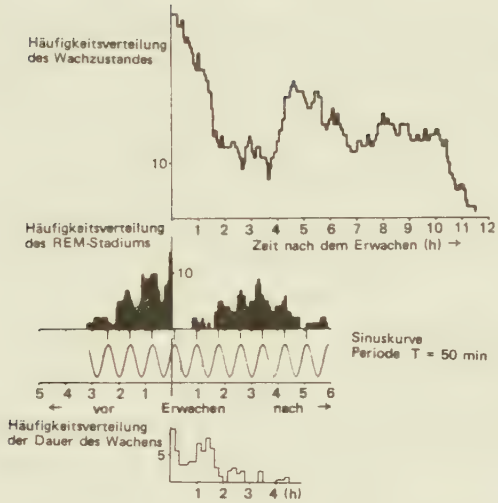

Abb. 7. Beziehungen im Auftreten von REM- und Wachphasen in der 5. Lebenswoche zur Tageszeit (6.oo - 18.oo Uhr)

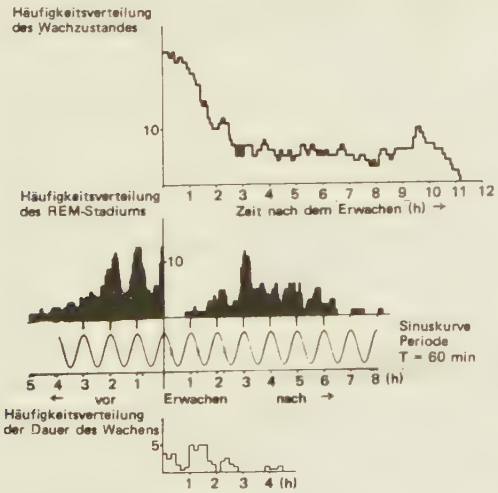

Abb. 8. Beziehungen im Auftreten von REM- und Wachphasen in der 5. Lebenswoche zur Nachtzeit (18.oo - 6.oo Uhr)

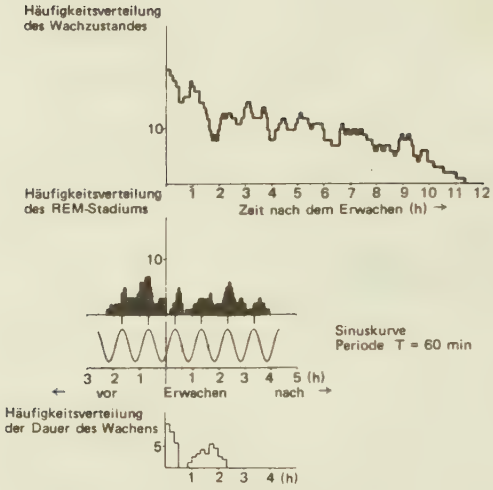

Abb. 9. Beziehungen im Auftreten von REM- und Wachphasen in der 11. Lebenswoche zur Tageszeit(6.oo - 18.oo Uhr)

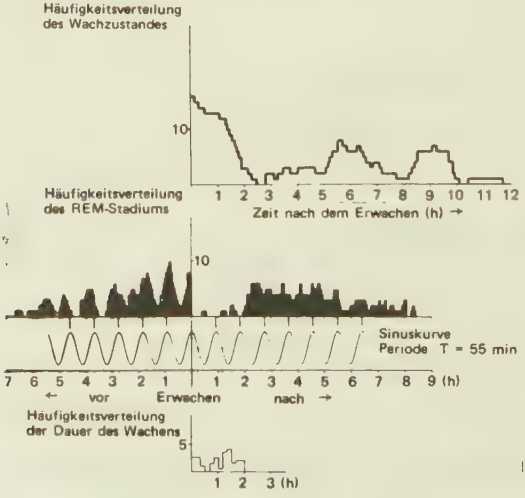

Abb. 1o. Beziehungen im Auftreten von REM- und Wachphasen in der 11. Lebenswoche zur Nachtzeit (18.oo - 6.oo Uhr)

fungen des REM-Stadiums als Ausdruck eines Grundzyklus von 5o-6o Minuten deuten (Abb. 6-1o). Auch ergeben sich aufgrund der Statistiken für die Dauer der Wachphasen bevorzugte Längen, die, wie beschrieben, mit dem KLEITMAN' schen Ruhe-Aktivitätszyklus in Verbindung gebracht werden können: Bevorzugte Zeitpunkte des Einschlafens scheinen vorzuliegen, sooft der kontinuierlich fortlaufende Grundzyklus von 5o-6o Minuten zu einer Halbphase ansetzt, die dem NREM-Stadium entspricht.

Als wesentliches Ergebnis dieser Zeitreihenanalyse des Schlaf-Wach-Verhaltens kann festgehalten werden, daß sich in der zeitlichen Folge der REM- und NREM-Stadien ein 5o-Minutenzyklus kundgibt, der sich kontinuierlich durch die aufgetretenen Wachphasen fortsetzt.

3.2 Zeitliche Beziehungen im Auftreten der Lautgebung

In Abb. 11 wurden die Daten über das Auftreten der genannten Vokalisationen für drei Beobachtungstage in entsprechenden Zeitdiagrammen dargestellt. Entlang der tageszeitlichen Achse dieser 3 Beobachtungstage findet man außerdem die polygraphisch bestimmten REM- und NREM-Phasen der Schlafabschnitte des Kindes eingetragen. Über den Zeitabschnitten, die den Wachphasen entsprechen, ist jeweils ein Diagramm aufgetragen, welches die Häufigkeitsverteilungen aller Vokalisationen, freundlicher wie verdrießlicher darstellt. Der Anteil der verdrießlichen Vokalisationen an der Gesamtvertei-

lung ist durch eine schwarze Färbung hervorgehoben. Der restliche Anteil des Verteilungsdiagrammes repräsentiert dementsprechend den Anteil der freundlichen Vokalisation.

Vergleicht man das Vokalisationsverhalten in den verschiedenen Wachphasen, so fällt anhand der verschiedenen Darstellungen auf, daß das Kind nach dem Erwachen meist mit freundlichen Vokalisationen beginnt. Erst mit fortschreitender Zeit nach dem Erwachen stellen sich verdrießliche Vokalisationen ein. Ihr Anteil bildet in den entsprechenden Verteilungsdiagrammen einen schwarzen Saum, der dem Verlauf der freundlichen Vokalisationen aufgelagert ist. Hatten sich die verdriesslichen Vokalisationen zu einem Schreien verdichtet, so wurde dem Kind entsprechend dem Self demand feeding, die Flasche angeboten.

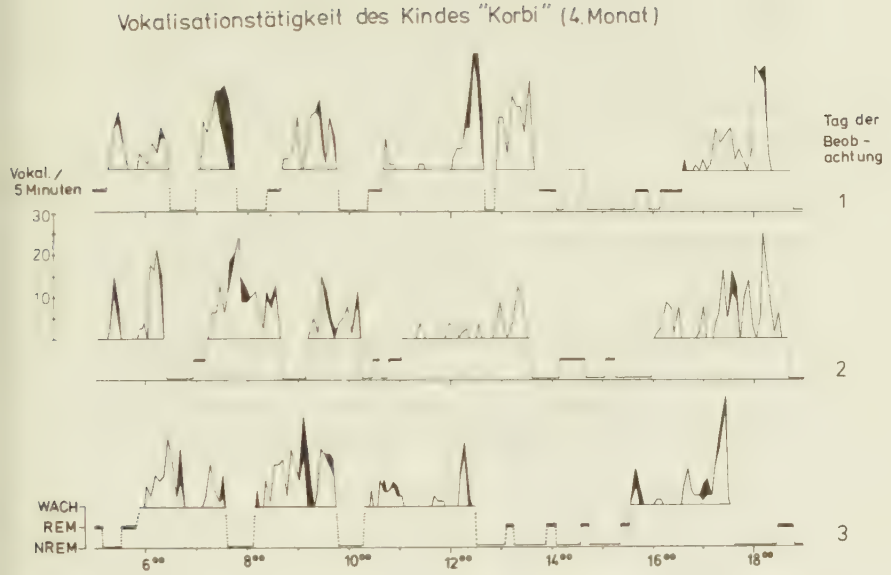

Abb. 11. Zeitliche Verteilung der Vokalisationshäufigkeit des 4 Monate alten Kindes in Beziehung zum Auftreten von REM-NREM- und Wachphasen.

Statistische Auswertung

Die einzelnen Aktivitätsdiagramme für die freundlichen Vokalisationen,die während verschiedener Wachphasen je eines Tages bestimmt worden waren, wurden zunächst für jeden der 3 Beobachtungstage zu einem Diagramm gemittelt. Dazu wurden die Aktivitätsdiagramme der einzelnen Wachphasen auf einer gemeinsamen Zeitachse abgebildet, deren Ursprung der Zeitpunkt des Aufwachens war (Abb. 12).

In ähnlicher Weise wurden die verdrießlichen Vokalisationen für jeden der 3 Beobachtungstage in ihrer zeitlichen Verteilung bezüglich des Zeitpunktes des Erwachens aufgetragen (Abb. 13).
Die verdrießlichen Lautäußerungen häuften sich zu manchen Zeiten derart, daß sie in ein andauerndes Schreien übergingen. Die Dauer dieses Schreiens wurde durch schwarze Balken gekennzeichnet.

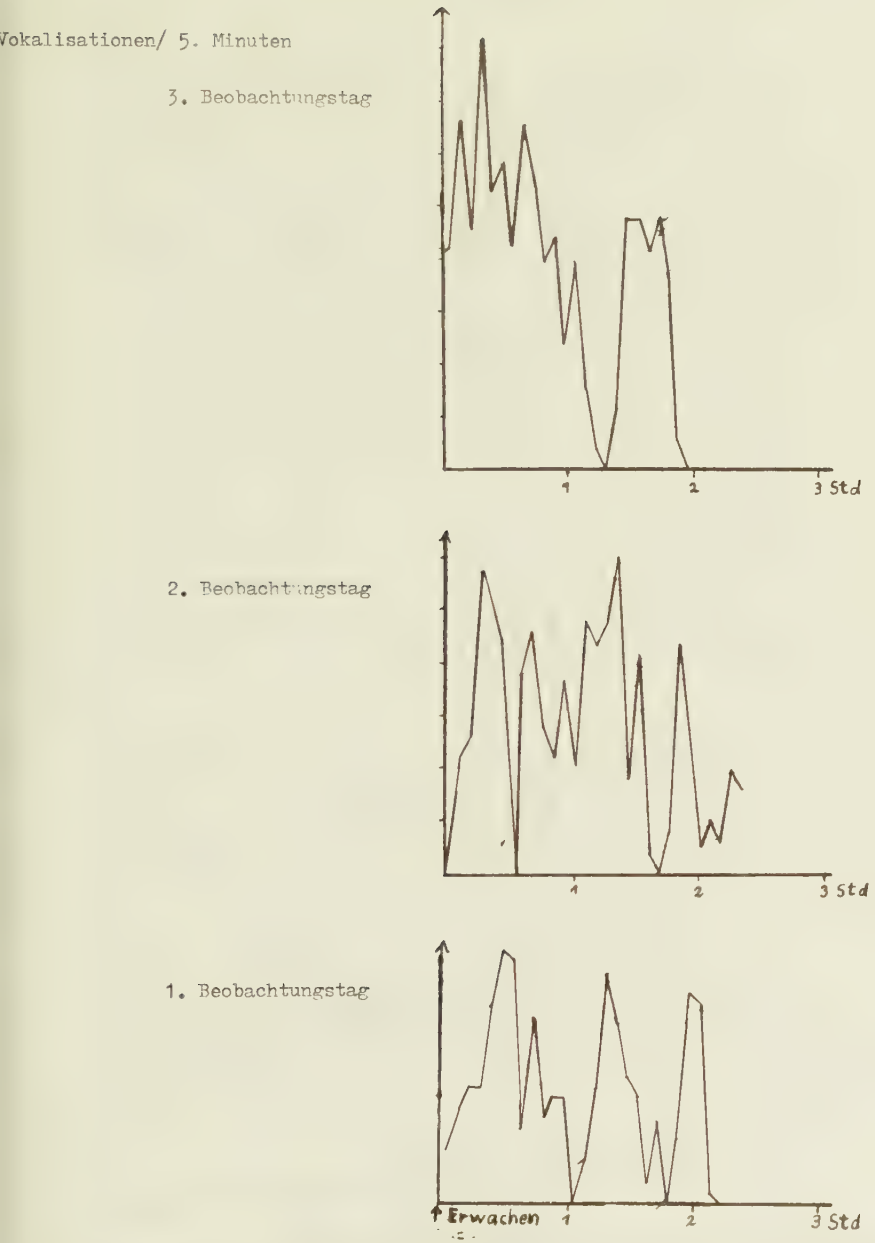

Abb. 12. Zeitliche Häufigkeitsverteilung freundlicher Vokalisationen bezogen auf den Beginn einer Wachphase.

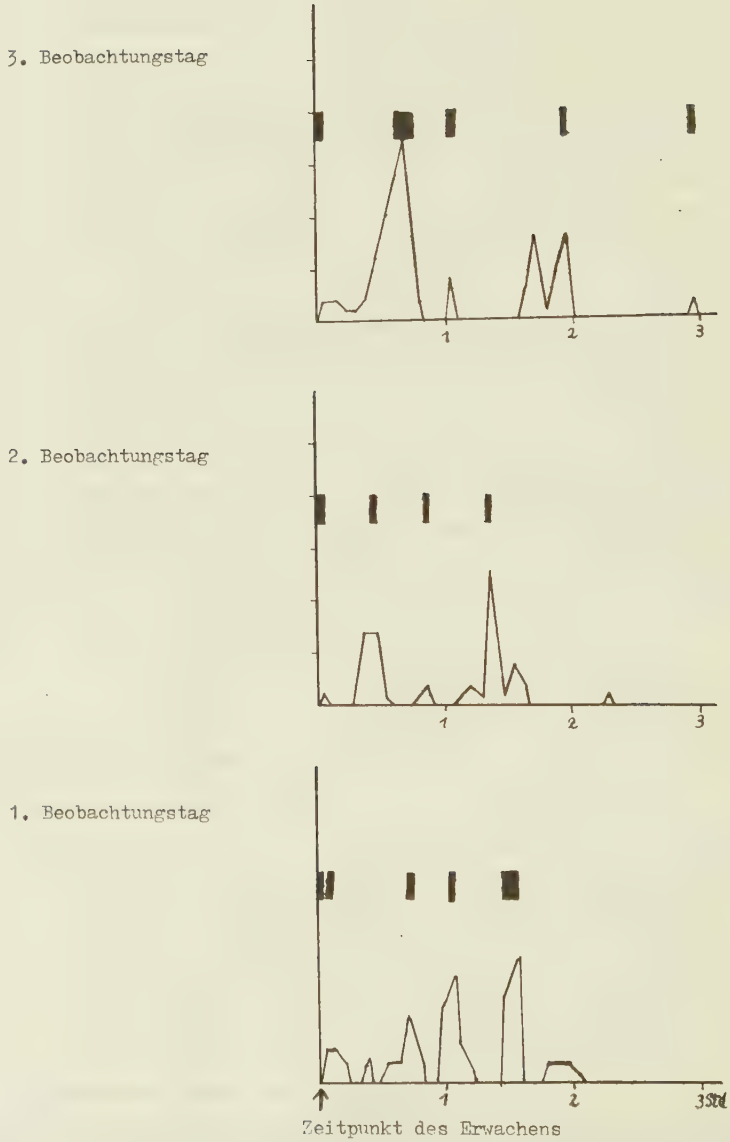

Abb. 13. Zeitliche Häufigkeitsverteilung weinerlicher Vokalisation bezogen auf den Beginn einer Wachphase.

Abb. 14 zeigt die über alle drei Tage gemittelten Aktivitätsdiagramme freundlicher und verdrießlicher Vokalisationen. Es zeichnet sich in dieser Darstellung eine gemeinsame Struktur ab.
Deutlich zeichnet sich eine 3-gipflige Verteilung für das Auftreten der freundlichen Vokalisationsformen ab. Mit zunehmender Entfernung vom Zeitpunkt des Erwachens zeigt auch der Aktivitätsverlauf der Vokalisationen eine abnehmende Tendenz. Daher ist auch von den 3 Maxima, das nachfolgende jeweils kleiner als das Vorausgegangene. Nach etwas mehr als zwei Stunden ist die Aktivität der Vokalisationen auf ganz geringe Werte abgefallen bzw. ganz erloschen. Darin spiegelt sich wider, daß das Kind zu dieser Zeit überwiegend eingeschlafen war. Die abnehmende Tendenz des Aktivitätsdiagrammes der Vokalisationen mit zunehmender Entfernung vom Zeitpunkt des Erwachens kann daher als Ausdruck einer allmählich absinkenden Vigilanz angesehen werden, die schließlich in Schlaf überleitet.

Eine ähnliche Verteilung der verdrießlichen Vokalisation zeigt, daß es auch für deren Auftreten bevorzugte Phasen zu geben scheint. Zwei deutliche Maxima der Häufung verdrießlicher Vokalisationen fallen mit abfallenden Flanken der Häufigkeitsverteilung für die freundliche Vokalisation zusammen. Ging die eine Vokalisation zurück, so trat vermehrt die andere in den Vordergrund. Das An- und Abschwellen beider Vokalisationstätigkeiten ließ eine zeitliche Periodizität in der Größenordnung von 5o-6o Minuten erkennen.

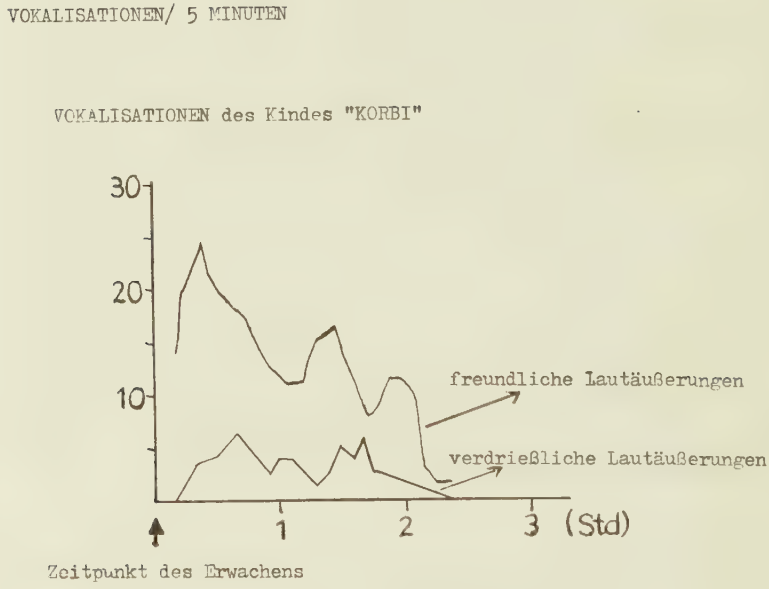

Abb. 14. Über alle 3 Beobachtungstage gemittelte Häufigkeitsverteilungen für das Auftreten von freundlichen und verdrießlichen Vokalisationen für die Zeit nach dem Erwachen. Beachte die periodische Struktur beider Häufigkeitsverteilungen.

3.3 Zeitliche Beziehung im Auftreten des Lächelns

Die Resultate der speziellen Beobachtungen des Lächelns finden sich in Abb. 15 für alle drei Beobachtungstage dargestellt. Als Rohdaten sind wiederum die Häufigkeitsverteilungen für das Auftreten des spontanen Lächelns über den Zeitabschnitten des Wachens aufgetragen. Die Schlafabschnitte dieser Zeitreihen sind wiederum nach REM- und NREM-Stadien unterteilt. An Hand dieser Rohdaten kann bereits darauf hingewiesen werden, daß das Kind meist in den ersten 2o Minuten nach dem Erwachen eine Häufung des Lächelns zeigt. In der allgemeinen Tendenz nahm diese Häufung ab, je näher der nächste Zeitpunkt des Wiedereintretens in den Schlaf gerückt war. Die einzelnen Häufigkeitsprofile für das Auftreten des Lächelns wurden wieder in der Weise gemittelt, daß die Zeitpunkte des Erwachens in einen gemeinsamen zeitlichen Ursprung gelegt wurden. Aus diesem Verfahren resultierte ein Diagramm (Abb. 16),aus dem zu erkennen war, mit welcher Häufigkeit das Lächeln in der Zeit nach dem Erwachen durchschnittlich zu beobachten war. Das Häufigkeitsdiagramm der Abb. 15 zeigt ein ausgeprägtes Maximum für das Auftreten des Lächelns in den ersten 15 Minuten nach dem Erwachen. Die Neigung des Kindes, das Lächeln spontan zu zeigen, nahm in zunehmender Entfernung vom Zeitpunkt des Erwachens stetig ab. Nach etwa 2 Stunden war es völlig erloschen; dies entspricht dem Umstand, daß das Kind 2 Stunden nach dem Erwachen durchschnittlich wieder in eine Schlafphase getreten war. Die Tendenz zum spontanen Lächeln zeigte im Gegensatz zu den Häufigkeitsverteilungen der Vokalisation kein periodisches An- und Abschwellen, sondern nahm mit der Dauer der Wachphasen ab.

Soweit es die vorliegenden Untersuchungen erkennen lassen, scheint das Lächeln eine Verhaltensweise zu sein, die nicht durch den latent während der Wachphase fortlaufenden 5o-Minuten-Zyklus beeinflußt wird. Die stetige Abnahme des Lächelns mit zunehmender Dauer der Wachphase weist darauf hin, daß diese Verhaltensweise eher an den allgemeinen Vigilanzgrad des Kindes gekoppelt sein könnte.

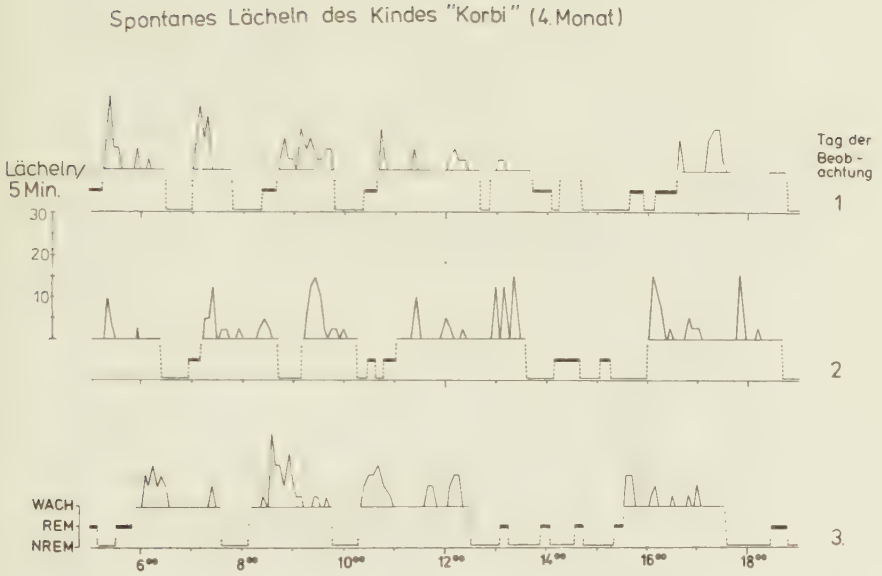

Abb. 15. Zeitliche Verteilung der Häufigkeit des spontanen Lächelns in den einzelnen Wachphasen eines 3-tägigen Beobachtungszeitraumes.

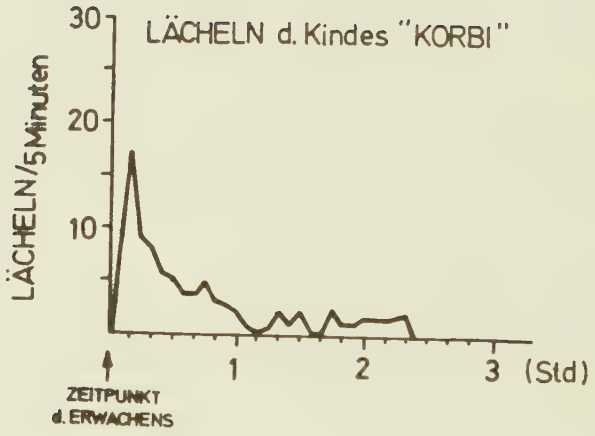

Abb. 16. Häufigkeitsverteilung für das spontane Lächeln in der Zeit nach dem Erwachen. Gemittelte Daten aller 3 Beobachtungstage.

4. Diskussion

Die Resultate der vorliegenden Fallstudie bestätigen frühere Untersuchungen von Gesell(1937, 1943), Kleitman (1963), Hellbrügge (1967) darin, daß die zeitliche Organisation des Verhaltens von Säuglingen in hohem Maße von ultradianen Zyklen beherrscht wird. Eine besondere Rolle spielt hierbei der von Kleitman postulierte Ruhe-Aktivitätszyklus. Dieser ultradiane Zyklus besitzt beim Säugling eine durchschnittliche Periodizität von 4o-6o Minuten. Seine bekannte Manifestationsform ist das alternierende Auftreten von REM und NREM-Phasen des Schlafes. Die vorliegenden Untersuchungen aber haben deutlich gemacht, daß diese oft als Schlafstadienzyklus beschriebene Periodizität nicht allein auf den Schlaf beschränkt bleibt. Vielmehr handelt es sich bei dem Alternieren von REM und NREM-Phasen um eine spezielle Erscheinungsform eines ultradianen Grundzyklus, welcher sich auch während der Wachphasen fortsetzt. Anhand polygraphischer Computerstudien wurde ein umfangreiches Datenmaterial von dem Kind dieser Fallstudie gewonnen. Dieses Datenmaterial wurde im Hinblick auf das zeitliche Auftreten von REM und NREM-Phasen analysiert. Diese mathematische Analyse konnte aufzeigen, daß sich ungeachtet des spontanen Auftretens von Schlaf- und Wachphasen ein ca. 5o-Minutenzyklus in verschiedenen Verhaltensitems manifestieren kann. Im Besonderen wurde gezeigt, daß die als soziale Signale bedeutsamen Lautäußerungen eines Säuglings in ihrem zeitlichen Auftreten periodische Häufungen erkennen lassen, deren durchschnittliches Periodenintervall dem des 5o-Minutenzyklus entsprach. Ähnlich dem alternierenden Wechsel von REM und NREM-Phasen während des Schlafes, zeichneten sich während der Wachphasen des Säuglings periodisch alternierende Phasen gehäufter

und verminderter Vokalisationstätigkeit ab. Ähnlich der Differenzierung des Schlafes in alternierende Stadien läßt sich so auch der Wachzustand in alternierende Phasen unterschiedlicher Verhaltensaktivitäten aufgliedern.

Auf eine derartige Unterscheidung verschiedener Stadien des Wachzustandes, welche in Analogie zu den Stadien des Schlafes gebildet werden kann, wurde in Publikationen von Sterman (197o, 1972) hingewiesen.

Die sichtbare Modulation der Vokalisationstätigkeit des Kindes "Korbi" wird daher naheliegenderweise als Manifestation des KLEITMAN'schen Grundzyklus von Ruhe und Aktivität zu deuten sein.
Es kann an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, daß sich auch beim erwachsenen Menschen Einflüsse eines ultradianen Rhythmus im Sinne des Kleitman'schen Ruhe-Aktivitätszyklus anhand telemetrischer Registrierungen verschiedener Körperfunktionen nachweisen ließen (Globus 197o, 1971; Kripke 1974).

Mit zunehmendem zeitlichen Abstand vom Augenblick des Erwachens fällt das Aktivitätsprofil der Vokalisationen in seiner Gesamttendenz ab. In dieser Abnahme drückt sich die Vigilanzverminderung des Säuglings in Abhängigkeit der im Wachzustand verbrachten Zeit aus. Nach etwas mehr als zwei Stunden des Wachens konnten keine Vokalisationen mehr verzeichnet werden, da das Kind zu dieser Zeit schon wieder eingeschlafen war.

Im Gegensatz zu dem periodisch gegliederten Aktivitätsprofil der Vokalisationen zeigt das Aktivitätsprofil des Lächelns einen aperiodischen Verlauf (Abb.16).

Offensichtlich unterlag die Verhaltensaktivität des Lächelns keinem erkennbaren Einfluß von Seiten des KLEITMAN'schen Grundzyklus. Andererseits besteht der nämliche Intensitätsabfall mit fortschreitender Dauer des Wachzustandes, wie er auch in der abfallenden Tendenz der Vokalisationstätigkeit zu beobachten war. Es hat den Anschein, als stünde die kindliche Spontanaktivität des Lächelns ausschließlich in Abhängigkeit zum Vigilanzgrad, der in diesem Alter vor allem durch den ultradianen 4-Stunden-Zyklus vorgegeben wird.

Je höher der Vigilanzgrad, desto mehr schien das Kind die Betrachtung seiner Umwelt mit dem mimischen Muster des Lächelns begleitet zu haben.

Die verschiedenen Formen der Vokalisation eines Säuglings und sein Lächeln stellen spezifische Signale dar, mit denen das Kind Auskunft über sein Befinden gibt. Natürlicherweise werden diese Signale von den Eltern mit entsprechenden Reaktionen beantwortet. So antwortet eine Mutter meist auf das freundliche Geplapper des Kindes oder versucht es zu stillen, sofern die Lautäußerungen in verdrießliche Töne übergegangen sind. Insofern die Vokalisationen Ausdruck von Bedürfnissen sind, ist anzunehmen, daß beispielsweise die Bereitschaft zur Nahrungsaufnahme in ähnlicher Weise dem Einfluß des Grundzyklus unterliegt, den das Aktivitätsprofil der Vokalisationen widerspiegelt. Dies würde bedeuten, daß die ultradiane Modulation der spontanen oralen Aktivität im Säuglingsalter durch den KLEITMAN'schen Grundzyklus vorgegeben wird.

Sofern die Eltern und Pflegepersonen in entsprechender Weise auf die Signale des Kindes eingehen, lassen sie sich durch das Kind anleiten, ihre Maßnahmen und Zuwendungen nach dessen physiologischen Bedürfnissen auszurichten. Die Pflegemaßnahmen stehen dann im Einklang mit dem inneren Zeitplan des Kindes. Die spontanen Äußerungen des Kindes werden, sofern sie Beachtung finden, zum Vermittler zwischen den Notwendigkeiten seiner Natur und den sozialen Bedingungen seiner Umwelt.

Auf die Bedeutung der Anpassung von Pflegemaßnahmen durch die soziale Umwelt auf die physiologischen Bedürfnisse des Kindes hat auch Hellbrügge (1979) in einer Arbeit über circadiane Rhytmen der Nahrungsaufnahme beim Säugling hingewiesen.

ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Fallstudie wurde das spontane Schlaf-Wachverhalten und die beiden Verhaltensaktivitäten der Lautgebung und des Lächelns im Lauf der ersten 4 Lebensmonate beobachtet. Die Verhaltensbeobachtungen wurden teilweise durch polygraphische Langzeitregistrierungen neurologisch relevanter Körperfunktionen ergänzt, anhand derer sich vor allem die Differenzierung des Schlafes in REM und NREM-Phasen vornehmen ließ.
Die gewonnenen Zeitreihen für das Auftreten der genannten physiologischen Zustände und Verhaltensaktivitäten wurden verschiedenen Verfahren der mathematischen Analyse unterzogen. Es zeigte sich, daß vor allem ultradiane Rhythmen endogenen Ursprungs das Auftreten von Schlaf- und Wachstadien ebenso zeitlich organisieren wie die Verhaltensaktivitäten freundlicher und verdrießlicher Lautgebungen des Säuglings. Demgegenüber schien das spontane Lächeln des Kindes eine Bindung an dessen Vigilanzniveau zu besitzen. Dabei muß aber in Rechnung gestellt werden, daß auch dieses Vigilanzniveau von einem ultradianen 4-Stundenzyklus des Schlaf-Wachverhaltens bestimmt wurde.

Da der Säugling im Laufe der ersten Lebensmonate seine Welt innerhalb des Zeitmusters von Schlaf- und Wachperioden erfährt, scheint die biologische Funktion der ultradianen endogen gesteuerten Rhythmen darin zu liegen, durch ihr Zusammenwirken einen natürlichen "Zeitplan" für die Bewältigung der Umwelteindrücke zu schaffen. Entsprechend diesem natürlichem Zeitplan scheint das Kind mit seiner Umwelt zu kommunizieren, in dem es lust- wie unlustbetonte Lautäußerungen zu verschiedenen Zeitphasen an seine soziale Umwelt richtet.

LITERATURVERZEICHNIS

1. Anders, T., Emde, R. and Parmelee, A.: A manual of standard terminology, techniques and criteria for scoring of stages of sleep and wakefulness in newborn infants. UCLA Brain. Information Service, Los Angeles, Calif., 1971.

2. Anders, T. and Roffwarg, P.: The relationship between maternal and neonatal sleep. Neuropädiatrie 4, 151-161, 1973.

3. Aschoff, J.: Circadian rhythms in man: a self-sustained oscillator with an inherent frequency underlies human 24-hour periodicity. Science 148, 1427-1423, 1965.

4. Aschoff, J. und Wever R.: Spontanperiodik des Menschen bei Ausschluß aller Zeitgeber, Naturw. 42, 337-342, 1962.

5. Aserinsky, E. and Kleitman, N.: A motility cycle in sleeping infants as manifested by ocular and gross bodily activity. J. Appl. Physiol. 8, 11-18, 1955.

6. Busse M.: Über den Aufbau circametrischer Prozesse des Schlaf-Wach-Verhaltens bei zu früh- und reifgeborenen Kindern. Inauguraldiss. Univ. München, 1971.

7. Chouvet, G., Mouret, J. Coindet, J., Siffre, M. and Jouvet, M.: Periodicite Bicircadienne du cycle veille-sommeil dans des conditions hors du temps. Etude polygraphique. Electorenephal. clin. Neurophysiol. 37, 367-38o, 1974.

8. Emde, R., Swedber, J. and Suzuki, B.: Human wakefulness and biological rhythms after birth. Arch. gen. Psyhiatr. 32 No. 6, 78o-783, 1975.

9. Gesell, A. : Infant and Child in the Culture of Today. Yale Univ. Press, Yale, 1943.

1o. Gesell, A. and Ilg, F.: Feeding behavior of Infants. A pediatric approach to the mental hygiene of early life. Philadelphia, 1937.

11. Globus, A.G.: Quantification of the REM sleep cycle as a rhythm. Psychophysiology 7, 248-253, 197o.

12. Globus, A.G.: REM "sleep" manifestations during waking. Psychophysiology 7, 3o8-311, 1971.

13. Halberg, F.: Physiologic 24 hours periodicity. General and procedural considerations with referenxe to the adrenal cacle. Z. Vitamin-, Hormon- und Fermentforschung 1o, 225-296, 1959.

14. Halberg F.: Temporal coordination of physiologic function. In: Biological Clocks. Cold Spring Harbor Symp. quant. Biolo. 25, 289-31o, 196o.

15. Halberg F., Diffley, M., Stein, M., Panofsky, H. and Adkins, G. Computer techniques in the study of biologic rhythms.
Ann. N.Y. Acad. Sci. 115, 695-72o, 1964.

16. Hellbrügge, Th.: Chronophysiologie des Kindes. Verh. Dtsch. Ges. Innere Med., Bergmann Verlag, München, 1967.

17. Hellbrügge, Th.: The development of circadian and ultradian rhythms of premature and full-term infants. In: Chronobiology (Eds.: L.E. Scheving, F. Halberg, J.E.Pauly). Tokyo: Igaku shoin ltd. 339-341, 1974.

17.a. Hellbrügge, Th.: Circadiane Rhytmnen der Nahrungsaufnahme beim jungen Säugling (Sozialpädiatrie 1. Jg. (1979) Nr.2

18. Kleitman, N.: Sleep and wakefulness. Chicago Uni. Press, 1963.

19. Kleitman, N.: Basic-rest-activity-cycle in relation to sleep and wakefulness. In: Sleep physiology and pathology (Ed.: A. Kales) 33-48, J.B. Lippincott, Philadelphia, 1969.

2o. Kleitman, N. and Camille, N.: Studies on the physiology of sleep VI. The behavior of decorticated dogs. Amer. J. Physiol, 1oo, 474-48o, 1932.

21. Kleitman, N. and Engelmann, T.G.: Sleep characteristics of infants. J. Appl. Physiol. 6, 269-282, 1953.

22. Kripke, D.F.: Ultradian rhythms in sleep and wakefulness. In: Advances in Sleep Research (Ed.: E.D. Weitzman) Vol. 1, 3o5-325 New York, Spectrum Publ. 1974.

23. Meier-Koll, A., Hall, U., Hellwig, U., Kott, G. und Meier-Koll, V.: Biologische Rhythmen als Zeitstrukturen der postnatalen Entwicklung. Verhaltensbeobachtungen und polygraphische Studien an einem gesunden Neugeborenen. EEG/EMG 9, 97-1o6, 1978 a

24. Meier-Koll, A., Hall, U., Hellwig, U., Kott, G. und Meier-Koll, V.: A biological oscillator system and the development of sleep-waking behavior during early infancy. Chronobiologia Vol. 5 V, 425-44o, 1978 b.

25. Mills, J.N.: Human circadian rhythms during and after three months in solitude underground. J. Physiol. (London) 174 217-231, 1964.

26. Mills, J.N.: Human circadian rhytms. Physiol. Rev. 46, 128-171, 1966.

27. Morath, M.: The four-hour feeding rhythm of the baby as a free running endogenously regulated rhythm. Intern. J. Chronobiology 2, 39-45, 1974.

28. Parmelee, A.H.: Sleep pattern in infancy. A study of one infant from birth to eight months of age. Acta Paediatrica 5o, 16o-17o, 1961.

29. Söderling, B.: The first smile. Acta Paediatrica Scand. Uppsala 48 Suppl. 117, 78-8o, 1959.

3o. Sterman, M.B.: The REM-state: evidence for its continued manifestation as a basic physiologic rhythm during wakefulness in cat. Psychophysiol. 7, 215-23o, 197o.

31. Sterman, M.B.: The basic rest activity cycle and sleep developmental consideration in man and cats. In: Sleep and the maturing nervous system (Eds.: C.D. Clemente, D.P. Purpura, F.E. Mayer) 175-197, N.Y. Acad.Press, 1972.

32. Sterman, M.B. and Hoppenbrouwers, T.: The development oft sleep-waking and rest-activity patterns from fetus to adult in man. In: Brain development and behavior (Eds.: M.B. Sterman, D.H. McGinty, A.M. Adinolfi) 2o3,227, N.Y. Acad. Press 1971.

33. Stern, E., Parmelee, A.H., Akiyama, Y., Schultz, M.A. and Wenner, W.H.: Sleep cycle characteristics in infants. Pediatrics 43, 65-7o, 1969.

34. Stern, E., Parmelee, A.H.and Harris, M.: Sleep state periodicity in prematures and young infants. Developm. Psychobilogy, 6, No. 4, 357-365, 1973.

D A N K S A G U N G

Für die Möglichkeit, am Kinderzentrum München zu arbeiten und eine Dissertation anzufertigen, sage ich Herrn Prof. Theodor Hellbrügge besonderen Dank.

Herzlichen Dank schulde ich Herrn Prof. Dr. Alfred Meier-Koll für die großzügige Überlassung von Arbeitsdaten und die hilfreiche Unterstützung bei den praktischen Untersuchungen und der schriftlichen Ausarbeitung der Dissertationsschrift.

Diese Dissertation entstand aus einer Gemeinschaftsarbeit, die mit den Kolleginnen Frau Dr. Ursula Hall und Frau Dr. Gertrud Kott durchgeführt wurde. Beiden Kolleginnen bin ich für die Mitarbeit bei der zeitaufwendigen Datenarbeit zu Dank verpflichtet.

Herzlicher Dank gebührt auch Fräulein Johanna Manner für ihre freundliche Hilfsbereitschaft und technische Assistenz.

LEBENSLAUF

Ulrike Hellwig, geb. Scheich, geboren am 5.2.1941
in Troppau/Sudetenland.

Abitur 1960 am Goethegymnasium in Freiburg im Breisgau.
Beginn des Medizinstudiums 1960 an der Albert-Ludwig-Universität in Freiburg.
Auswärtige Semester in München und Wien.
Med. Staatsexamen 1966 in Freiburg im Breisgau.
Approbation 1969 nach zweijähriger Medizinalassistententätigkeit in Pfullendorf, Nordenham und Bochum.

Verehelichung 1967 und Geburt dreier Kinder in den Jahren 1969, 1970 und 1971.

Wiederaufnahme der Berufstätigkeit 1977 in Teilzeitarbeit am städt. Gesundheitsamt in München und in jeweils internistischen Praxen in Augsburg und München.

Niederlassung als prakt. Ärztin am 1.10.1980 in München.